Indonesian Journal of Multidisciplinary Scientific Studies (IJOMSS)
https://ojs.staira.ac.id/index.php/IJOMSS/index
e-ISSN 2988-7046 | p-ISSN xxxx-xxxx
Vol. 4 No. 6 (Oktober - November 2026) 609-622

Deteksi Tepi Citra Pupuk Menggunakan Algoritma Canny untuk Analisis Bentuk dan Tekstur Produk

Satrio Try Kuncoro[1*], Yohanni Syahra[2]
[1*,2]Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia
Email: [1*]trykuncorosatrio@gmail.com, [2]yohannisyahra@umsu.ac.id

Abstrak

Penilaian kualitas bentuk dan tekstur pupuk secara visual oleh manusia masih bersifat subjektif dan tidak konsisten, sehingga diperlukan pendekatan pengolahan citra digital yang lebih objektif dan terukur. Penelitian ini bertujuan menerapkan algoritma Canny untuk proses deteksi tepi pada citra pupuk serta membangun aplikasi berbasis website yang memungkinkan pengguna mengunggah citra, memproses deteksi tepi, menampilkan hasil, dan menyajikan nilai evaluasi secara otomatis. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental yang dipadukan dengan penelitian pengembangan sistem, melalui tahapan grayscale conversion, Gaussian filtering, perhitungan gradien, non-maximum suppression, double thresholding, dan hysteresis edge tracking. Pengujian dilakukan pada citra pupuk beresolusi 810×1.080 piksel (874.800 piksel total) dengan parameter low threshold 50, high threshold 150, dan kernel blur 5. Hasil pengujian menunjukkan sistem berhasil mendeteksi 147.746 edge pixel dengan edge density 16,8891%, MSE sebesar 22.967,2416, PSNR sebesar 4,5197 dB, SSIM sebesar 0,0007, dan waktu proses 0,1079 detik. Pengujian black box terhadap 16 skenario fungsional, mulai dari autentikasi, manajemen pengguna, unggah citra, proses deteksi tepi, riwayat analisis, hingga pengaturan sistem, seluruhnya dinyatakan berhasil. Nilai PSNR dan SSIM yang rendah merupakan konsekuensi wajar dari transformasi citra menjadi citra biner tepi, bukan indikasi kegagalan sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Canny mampu memperjelas struktur tepi serta mendukung analisis bentuk dan tekstur pupuk secara cepat, terukur, dan terkomputerisasi melalui antarmuka berbasis web yang mudah digunakan.

Kata Kunci: Deteksi Tepi, Algoritma Canny, Citra Pupuk, Pengolahan Citra Digital, Aplikasi Website.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pengolahan citra digital telah memberikan kontribusi penting pada berbagai sektor, termasuk industri pertanian dan manufaktur pupuk. Pengolahan citra digital memungkinkan proses analisis kualitas produk dilakukan secara lebih objektif, terstruktur, dan terkomputerisasi dibandingkan pengamatan visual manual (Wati dkk., 2025). Pupuk sebagai produk hasil industri memiliki karakteristik fisik berupa bentuk, ukuran butiran, dan tekstur permukaan yang bergantung pada proses produksi, pencampuran bahan, dan tahapan granulasi, sehingga ketidakteraturan pada karakteristik tersebut dapat menjadi indikator awal variasi kualitas produk.

Selama ini, penilaian bentuk dan tekstur pupuk masih banyak dilakukan secara visual oleh manusia. Cara tersebut memiliki kelemahan karena hasil pengamatan dapat berbeda antara satu pengamat dengan pengamat lainnya, terutama apabila dipengaruhi oleh pencahayaan, kualitas citra, pengalaman pengamat, serta tingkat ketelitian saat melihat objek. Kondisi ini menunjukkan perlunya suatu metode yang mampu menghasilkan informasi visual yang lebih konsisten dan terukur mengenai tepi, kontur, dan pola permukaan pupuk, sehingga hasil analisis tidak hanya bergantung pada pengamatan langsung tetapi juga didukung oleh proses komputasi yang sistematis.

Salah satu teknik fundamental dalam pengolahan citra digital yang dapat menjawab kebutuhan tersebut adalah deteksi tepi (*edge detection*), yaitu proses identifikasi perubahan intensitas piksel yang menunjukkan batas atau kontur suatu objek. Metode deteksi tepi klasik seperti operator Sobel bekerja dengan menghitung gradien intensitas melalui kernel konvolusi sederhana. Diana dkk. (2025) membandingkan hasil deteksi tepi operator Sobel pada citra berwarna dan citra grayscale, dan menemukan bahwa performa deteksi sangat bergantung pada representasi warna citra masukan, namun operator ini cenderung menghasilkan tepi yang tebal dan rentan terhadap derau (*noise*).

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, algoritma Canny dikembangkan sebagai metode deteksi tepi yang menghasilkan garis tepi lebih tipis, kontinu, dan tahan terhadap derau, melalui tahapan *grayscale conversion*, *Gaussian filtering*, perhitungan gradien, *non-maximum suppression*, serta *double thresholding*

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

dengan *hysteresis*. Berbagai penelitian terdahulu telah membuktikan keunggulan algoritma Canny pada beragam domain citra. Wicaksono dkk. (2024) membandingkan beberapa metode pra-pemrosesan citra untuk deteksi tepi Canny pada citra kondisi jalan dan menunjukkan bahwa kombinasi *preprocessing* yang tepat meningkatkan kejelasan tepi objek. Veronika dkk. (2024) membandingkan algoritma Canny dengan operator Robert pada citra kain batik khas Bengkulu dan melaporkan bahwa Canny unggul pada 31 dari 32 citra uji (96,875%) dalam mengenali pola tepi tekstur kain. Pada bidang lain, Tao (2023) mengembangkan algoritma Canny yang ditingkatkan (*enhanced Canny*) dengan filter adaptif dan pengaturan ambang untuk penilaian kualitas cetak (*print quality assessment*), yang terbukti mampu menangani derau serta mempertahankan informasi tepi secara lebih akurat.

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa algoritma Canny telah banyak diterapkan pada objek jalan, tekstil, maupun kualitas cetak, tetapi penerapannya secara khusus pada citra produk pupuk untuk analisis bentuk dan tekstur permukaan belum banyak dikaji. Di sisi lain, pengembangan sistem berbasis web yang memadukan pengolahan citra dengan nilai evaluasi kuantitatif juga menjadi tren pada berbagai bidang verifikasi visual. Fauzi dan Tanjung (2026), dalam artikel yang terbit pada *Indonesian Journal of Multidisciplinary Scientific Studies* (IJOMSS), mengembangkan sistem berbasis web untuk mendeteksi manipulasi citra bukti struk pembayaran menggunakan metode *Error Level Analysis* dan *histogram color shift*, yang menegaskan bahwa integrasi pengolahan citra dengan antarmuka web mampu menghasilkan proses analisis visual yang lebih sistematis dan dapat diakses pengguna secara langsung. Merujuk pada kajian tersebut, penelitian ini menghadirkan kebaruan berupa penerapan algoritma Canny secara spesifik pada citra pupuk yang dipadukan dengan aplikasi berbasis website untuk mengunggah citra, memproses deteksi tepi, serta menyajikan nilai evaluasi kuantitatif (*edge pixel*, *edge density*, MSE, PSNR, SSIM, dan waktu proses) secara otomatis, sehingga analisis bentuk dan tekstur pupuk dapat dilakukan tanpa bergantung pada pengamatan visual manual.

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan dalam penelitian ini adalah belum optimalnya pemanfaatan pengolahan citra digital dalam menganalisis bentuk dan tekstur pupuk secara objektif dan konsisten, karena penilaian kualitas pupuk masih bergantung pada pengamatan visual manusia yang bersifat subjektif dan kurang seragam. Oleh karena itu, diperlukan penerapan metode deteksi tepi menggunakan algoritma Canny untuk mengekstraksi informasi tepi citra pupuk secara sistematis sebagai dasar analisis bentuk dan tekstur produk.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menerapkan algoritma Canny dalam proses deteksi tepi pada citra pupuk guna memperoleh informasi visual yang merepresentasikan bentuk dan tekstur produk; (2) menganalisis karakteristik bentuk dan tekstur pupuk berdasarkan hasil deteksi tepi serta nilai evaluasi yang dihasilkan; dan (3) membangun aplikasi berbasis website yang dapat digunakan untuk melakukan proses deteksi tepi citra pupuk secara terkomputerisasi.

METODE

Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan di bidang pengolahan citra digital yang menggabungkan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan penelitian pengembangan sistem (*system development research*). Pendekatan kuantitatif eksperimental digunakan untuk menguji kinerja algoritma Canny terhadap citra pupuk digital melalui tahapan *preprocessing*, deteksi tepi, dan evaluasi hasil, sedangkan pendekatan pengembangan sistem digunakan untuk membangun aplikasi berbasis website yang mengotomasi seluruh proses tersebut agar dapat digunakan oleh pengguna akhir.

Data dan Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian berupa citra pupuk digital yang diperoleh melalui tiga teknik. Observasi, berupa pengamatan langsung terhadap bentuk fisik pupuk serta pengambilan citra sebagai data penelitian. Studi literatur, berupa kajian buku, jurnal ilmiah, dan artikel penelitian terkait pengolahan citra digital, deteksi tepi, serta algoritma Canny untuk memperoleh landasan teori dan metode yang relevan. Dokumentasi, berupa penyimpanan citra pupuk, hasil pengolahan citra, hasil deteksi tepi, dan data pengujian sistem sebagai bahan analisis dalam penelitian.

Tahapan Algoritma Canny

Proses deteksi tepi pada penelitian ini mengikuti lima tahapan utama algoritma Canny. Pertama, *grayscale conversion*, yaitu konversi citra RGB menjadi citra grayscale untuk menyederhanakan perhitungan intensitas piksel. Kedua, *Gaussian filtering* untuk mereduksi derau menggunakan kernel Gaussian dua dimensi sebagai berikut:

$$G(x,y) = [1/(2\pi\sigma^2)] \times e^{(-(x^2+y^2)/(2\sigma^2))} \quad (1)$$

dengan σ merupakan standar deviasi yang menentukan tingkat penghalusan citra. Ketiga, perhitungan gradien intensitas pada arah horizontal (Gx) dan vertikal (Gy) menggunakan operator Sobel, untuk memperoleh besaran gradien (*magnitude*) dan arah gradien (*direction*) sebagai berikut:

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

$$|G| = \sqrt{(Gx^2 + Gy^2)} \qquad (2)$$
$$\theta = arctan(Gy/Gx) \qquad (3)$$

Keempat, *non-maximum suppression*, yaitu proses penipisan tepi dengan mempertahankan hanya piksel yang memiliki nilai gradien maksimum pada arah tegak lurus tepi, sehingga menghasilkan garis tepi yang lebih tipis dan presisi. Kelima, *double thresholding* dan *hysteresis edge tracking*, yaitu proses klasifikasi piksel menjadi tepi kuat (*strong edge*), tepi lemah (*weak edge*), dan bukan tepi berdasarkan nilai *low threshold* dan *high threshold*, dilanjutkan dengan penelusuran keterhubungan tepi lemah terhadap tepi kuat untuk menentukan status akhirnya. Pada penelitian ini digunakan parameter *low threshold* 50, *high threshold* 150, dan kernel *blur* 5, yang ditentukan berdasarkan hasil uji coba empiris terhadap sampel citra pupuk.

Teknik Analisis dan Evaluasi Data

Hasil deteksi tepi dievaluasi menggunakan enam parameter kuantitatif. *Edge pixel* menyatakan jumlah piksel yang dikenali sebagai tepi. *Edge density* menyatakan persentase kepadatan tepi terhadap keseluruhan piksel citra, dihitung dengan persamaan:

$$\text{Edge Density} = (\text{Edge Pixel} / \text{Total Pixel}) \times 100\% \qquad (4)$$

Mean Square Error (MSE) mengukur rata-rata kuadrat selisih intensitas piksel antara citra asli dan citra hasil deteksi tepi:

$$MSE = (1 / MN)\ \Sigma_i\Sigma_j\ [I(i,j) - K(i,j)]^2 \qquad (5)$$

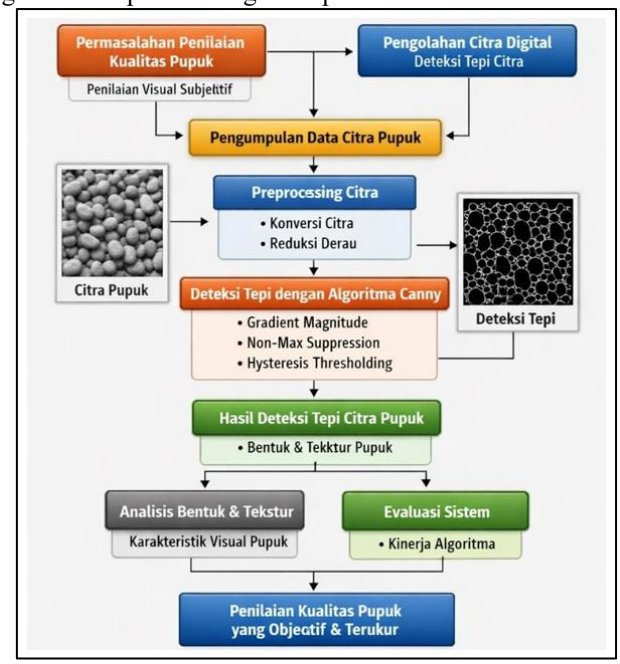
dengan I merupakan citra asli, K merupakan citra hasil Canny, serta M dan N merupakan dimensi citra. *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) mengukur kualitas citra hasil berdasarkan nilai *error*, dirumuskan sebagai:

$$PSNR = 10\ \log_{10}\ (MAKS_I^2 / MSE) \qquad (6)$$

dengan MAKS_I merupakan nilai intensitas piksel maksimum (255 untuk citra 8-bit). *Structural Similarity Index* (SSIM) mengukur kemiripan struktural antara dua citra berdasarkan luminansi, kontras, dan struktur, dengan rentang nilai 0 hingga 1. Terakhir, waktu proses dicatat untuk mengetahui efisiensi komputasi sistem dalam mengolah satu citra. Selain evaluasi kuantitatif terhadap hasil deteksi tepi, seluruh fitur aplikasi diuji menggunakan metode *black box testing*, yaitu pengujian fungsional berbasis skenario input dan output tanpa melibatkan struktur kode program, guna memastikan setiap fitur sistem berjalan sesuai rancangan.

Kerangka Berpikir

Alur penelitian secara keseluruhan, mulai dari identifikasi permasalahan, pengumpulan data citra pupuk, *preprocessing* citra, deteksi tepi menggunakan algoritma Canny, hingga analisis bentuk dan tekstur serta evaluasi sistem, digambarkan pada kerangka berpikir berikut.

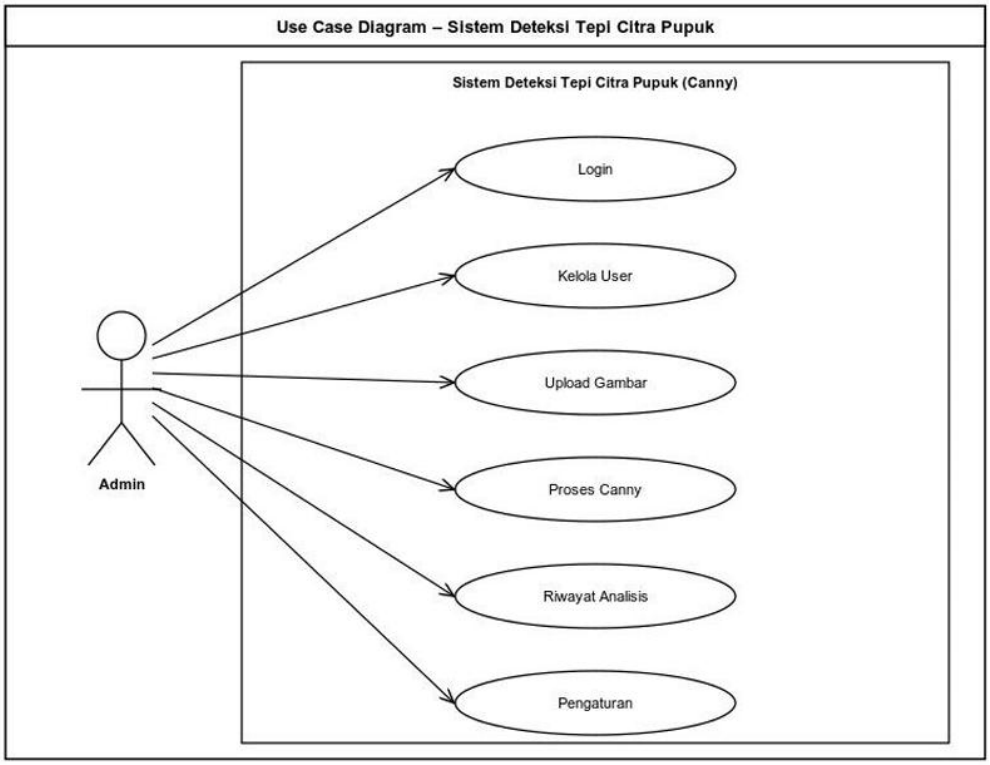


Gambar 1. Kerangka Berpikir Penelitian

Rancangan Sistem

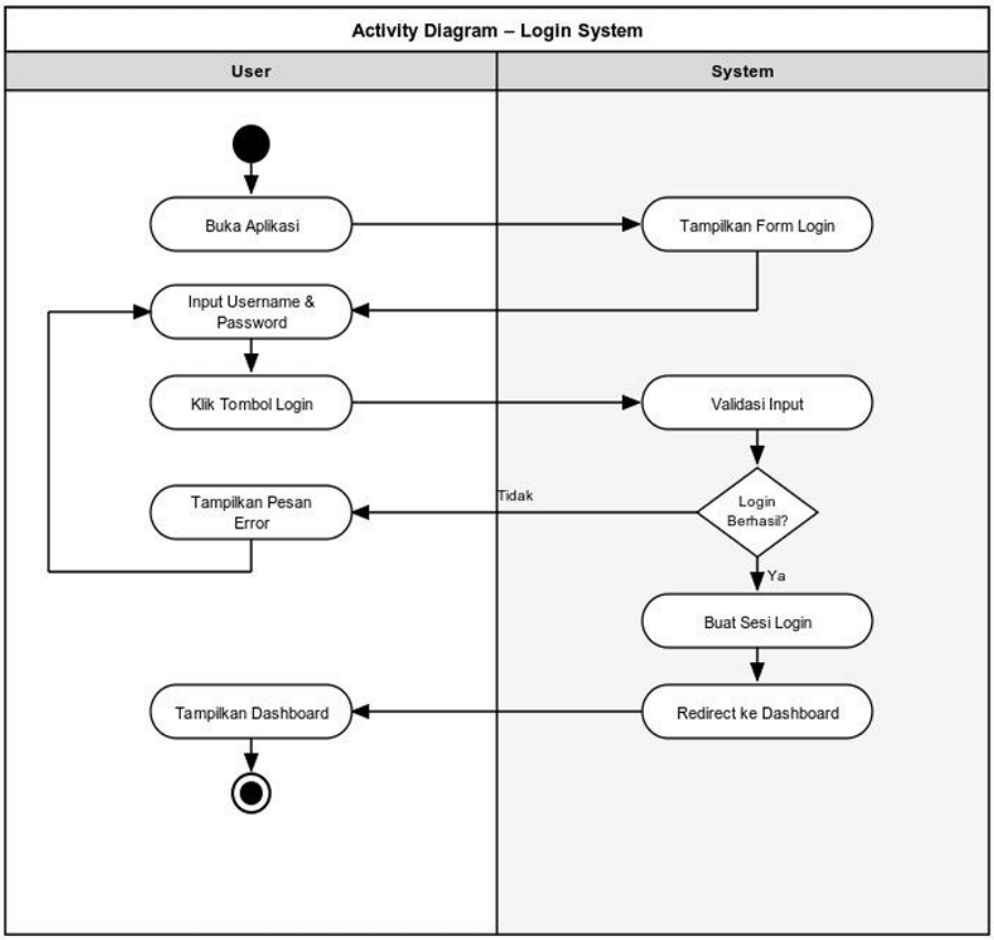
Rancangan aplikasi berbasis website dimodelkan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) yang terdiri atas *use case diagram*, *activity diagram*, dan *class diagram*, untuk menggambarkan interaksi pengguna dengan sistem serta alur pemrosesan citra secara menyeluruh.

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



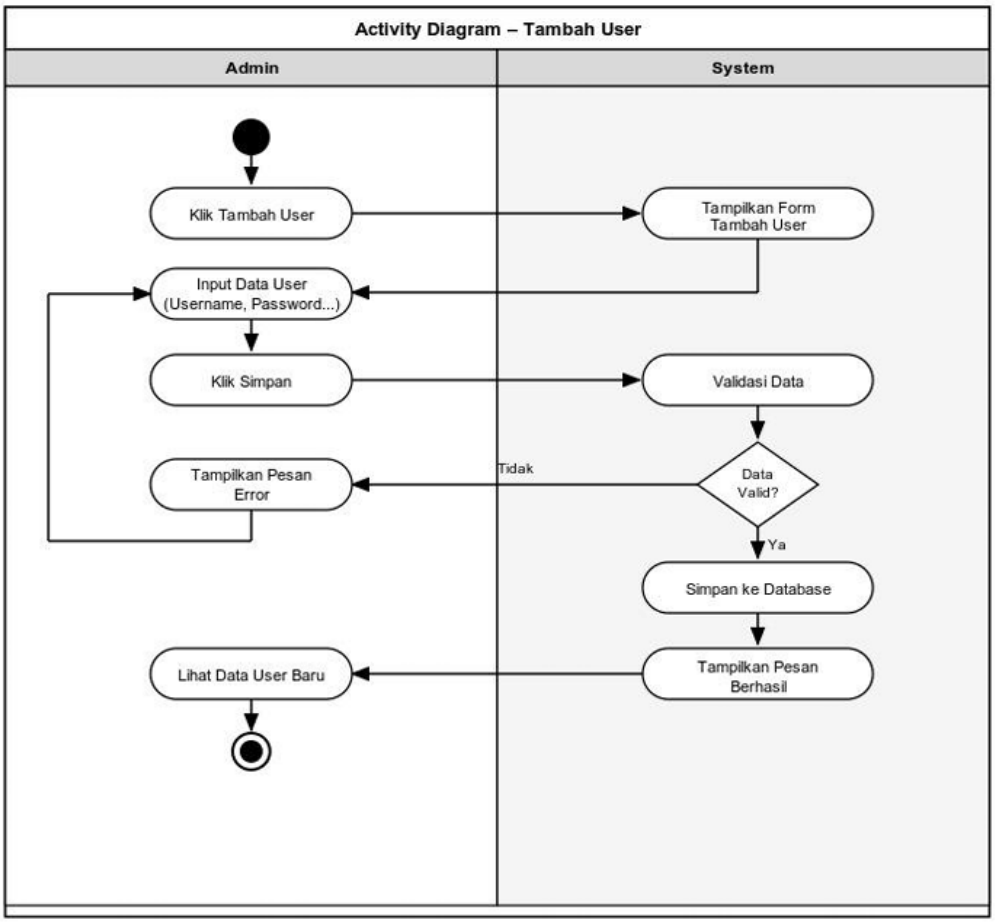
Gambar 2. Use Case Diagram Sistem

Use case diagram pada Gambar 2 menunjukkan interaksi dua aktor utama, yaitu administrator dan pengguna, dengan fungsi-fungsi sistem seperti autentikasi, manajemen pengguna, unggah citra, proses deteksi tepi, pengelolaan riwayat analisis, dan pengaturan aplikasi.

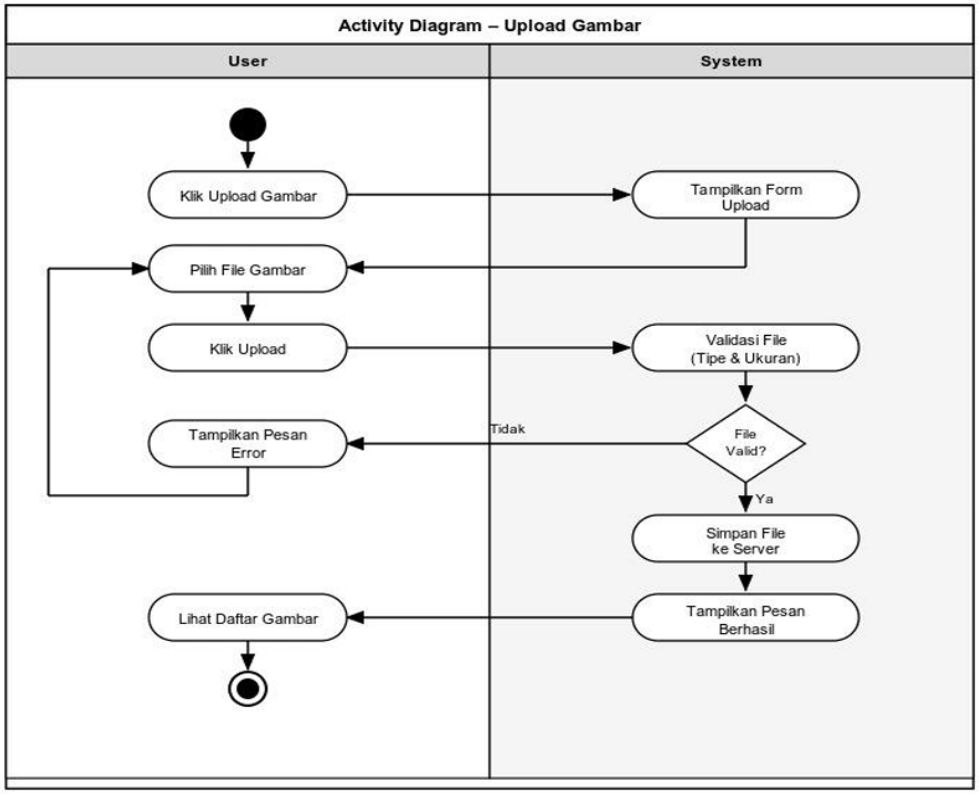


Gambar 3. Activity Diagram Proses Login

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

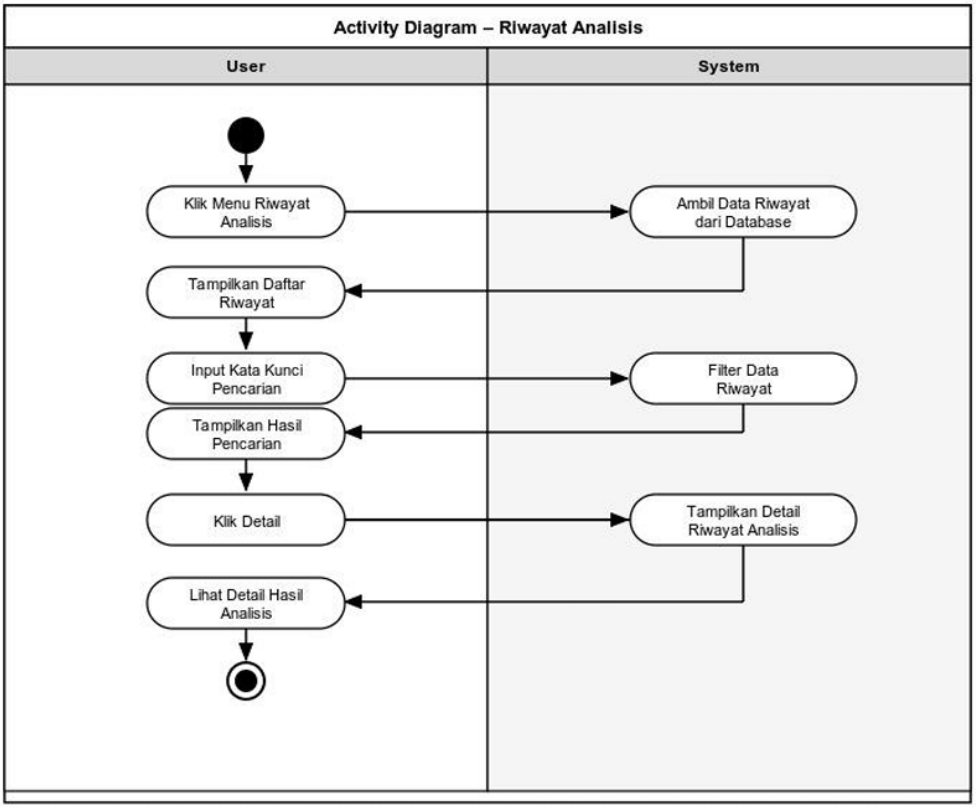


Gambar 4. Activity Diagram Pengelolaan Data Pengguna

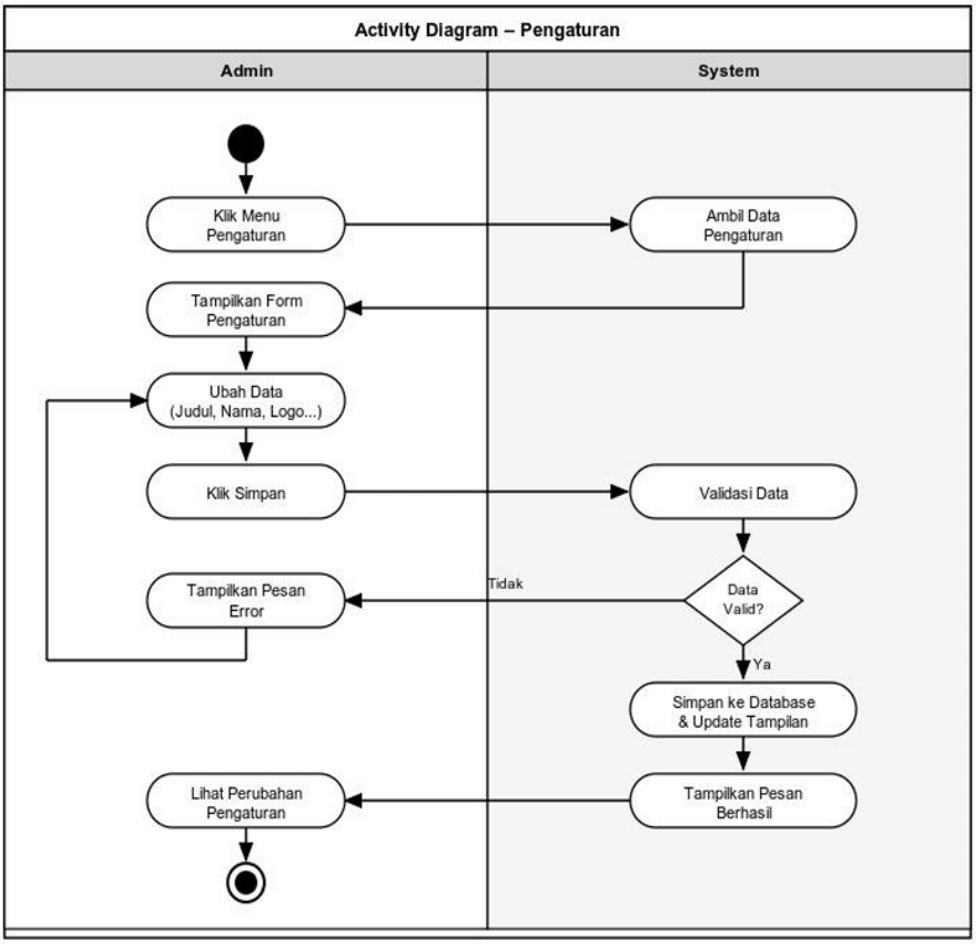


Gambar 5. Activity Diagram Unggah Citra

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



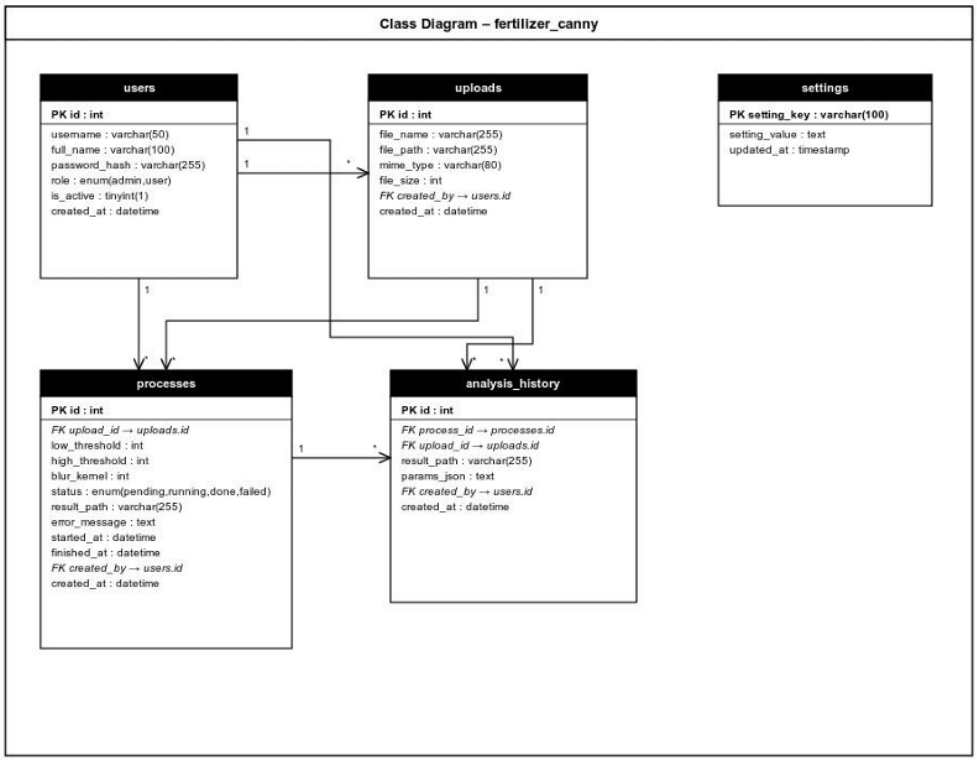
Gambar 6. Activity Diagram Riwayat Analisis



Gambar 7. Activity Diagram Pengaturan Aplikasi

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Activity diagram pada Gambar 3 hingga Gambar 7 secara berturut-turut menggambarkan alur proses login, pengelolaan data pengguna, unggah citra, pengelolaan riwayat analisis, dan pengaturan aplikasi.

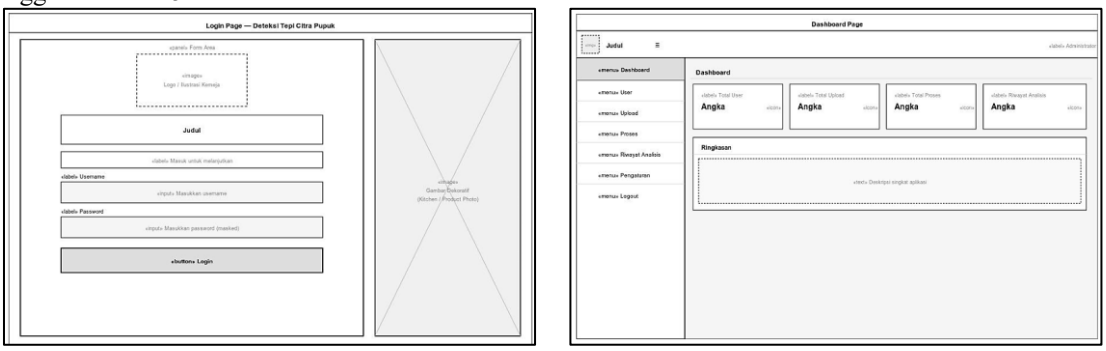


Gambar 8. Class Diagram Sistem

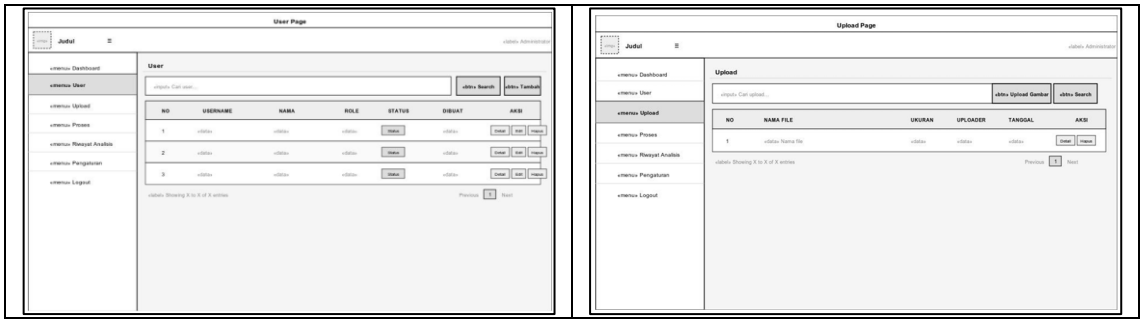
Class diagram pada Gambar 8 menggambarkan struktur kelas, atribut, dan relasi antarentitas dalam basis data sistem, meliputi entitas pengguna, berkas unggahan, proses deteksi tepi, riwayat analisis, dan pengaturan aplikasi.

Desain Antarmuka Pengguna

Desain antarmuka dirancang agar pengguna dapat mengunggah citra, menjalankan proses deteksi tepi, serta membaca hasil evaluasi secara mudah dan terstruktur, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 9 hingga Gambar 15.

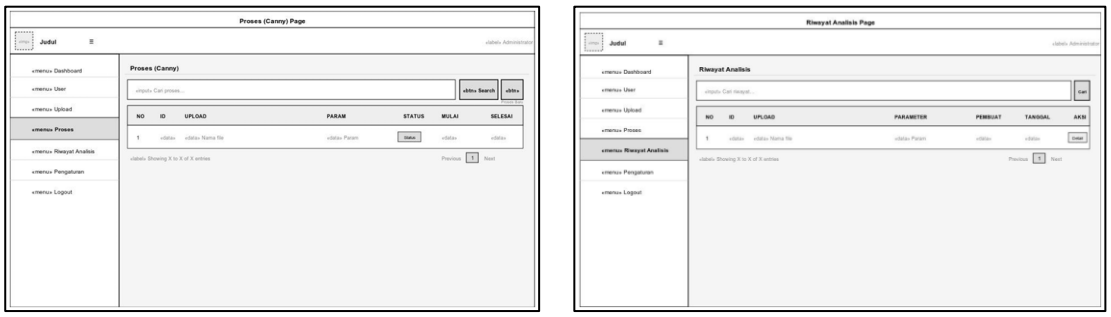


Gambar 9. Rancangan Antarmuka Halaman Login & Halaman Dashboard

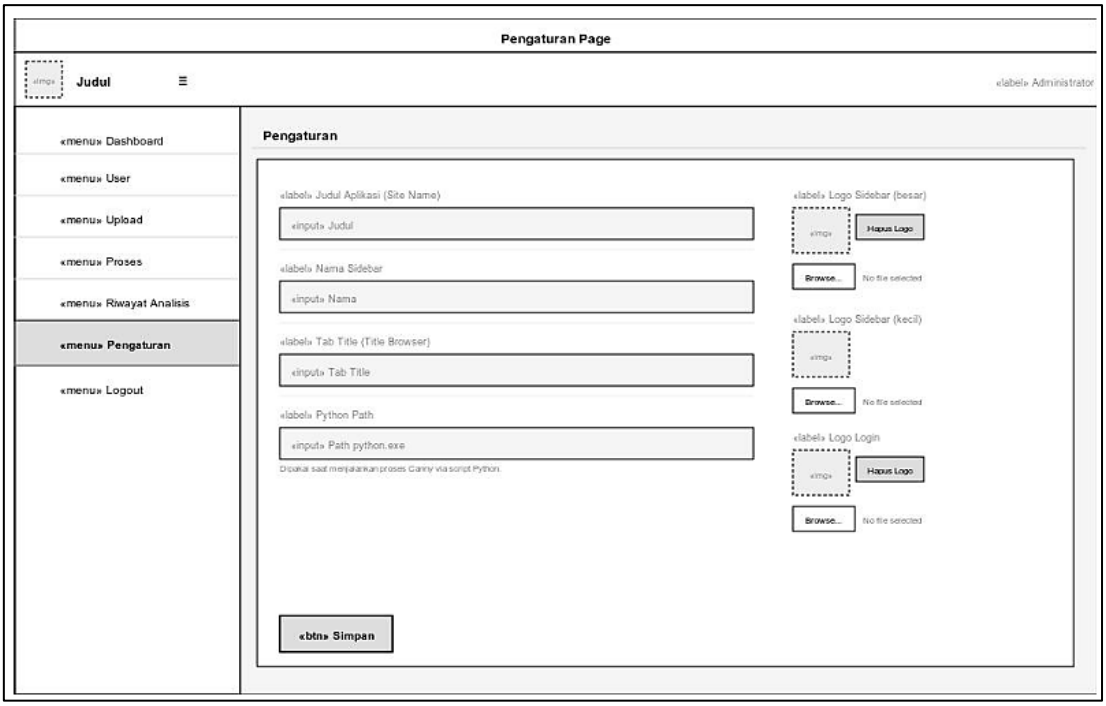


Gambar 10. Rancangan Antarmuka Halaman Kelola Pengguna & Halaman Unggah Citra

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



Gambar 11. Rancangan Antarmuka Halaman Proses Deteksi Tepi & Riwayat Analisis



Gambar 12. Rancangan Antarmuka Halaman Pengaturan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

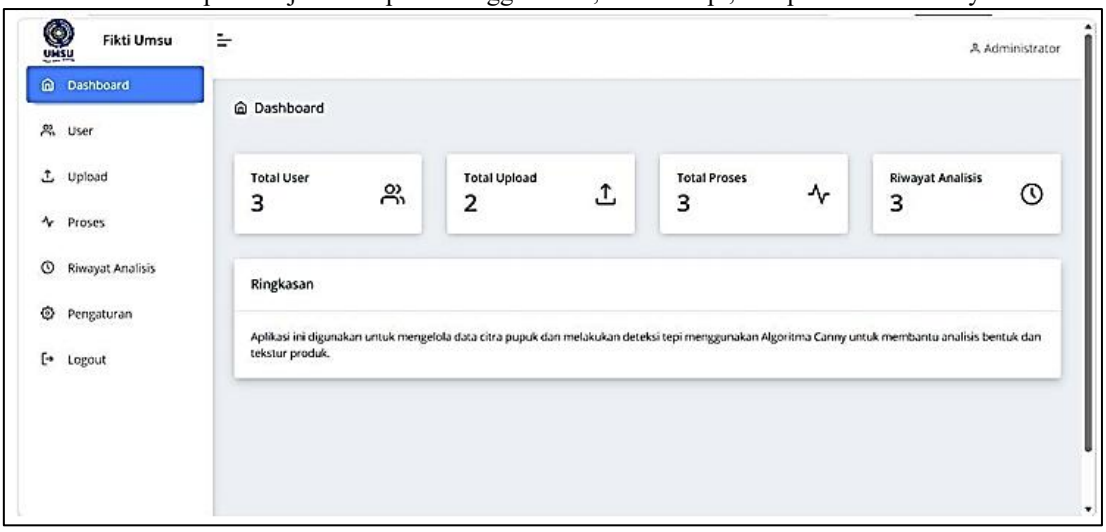
Aplikasi deteksi tepi citra pupuk berbasis website diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman PHP untuk sisi aplikasi web dan Python untuk proses pengolahan citra, dengan MySQL sebagai sistem basis data. Implementasi antarmuka sistem secara umum konsisten dengan hasil rancangan pada tahap desain.



Gambar 13. Tampilan Halaman Login

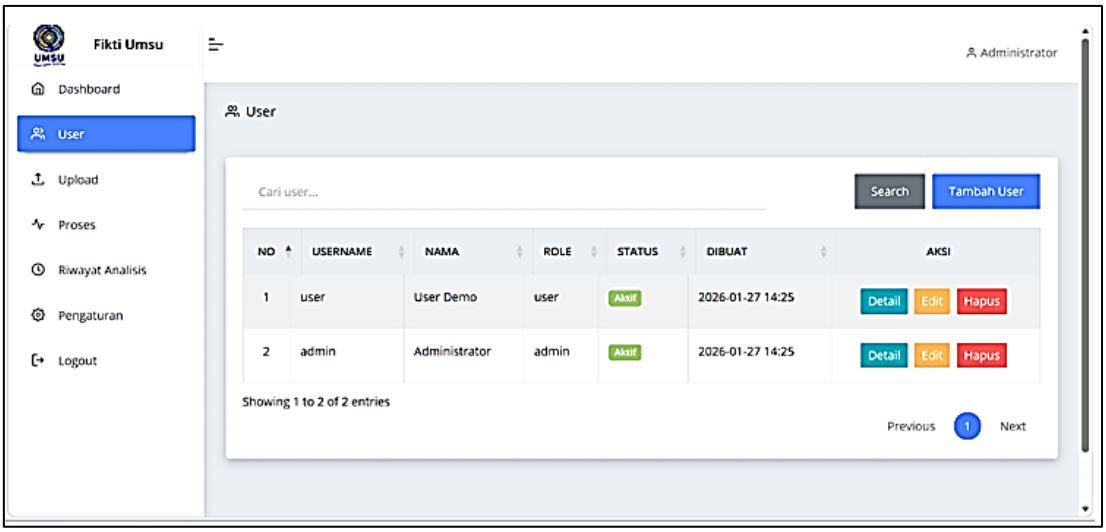
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Halaman login (Gambar 13) menjadi gerbang akses awal yang mewajibkan autentikasi pengguna terdaftar sebelum dapat menjalankan proses unggah citra, deteksi tepi, maupun melihat riwayat analisis.



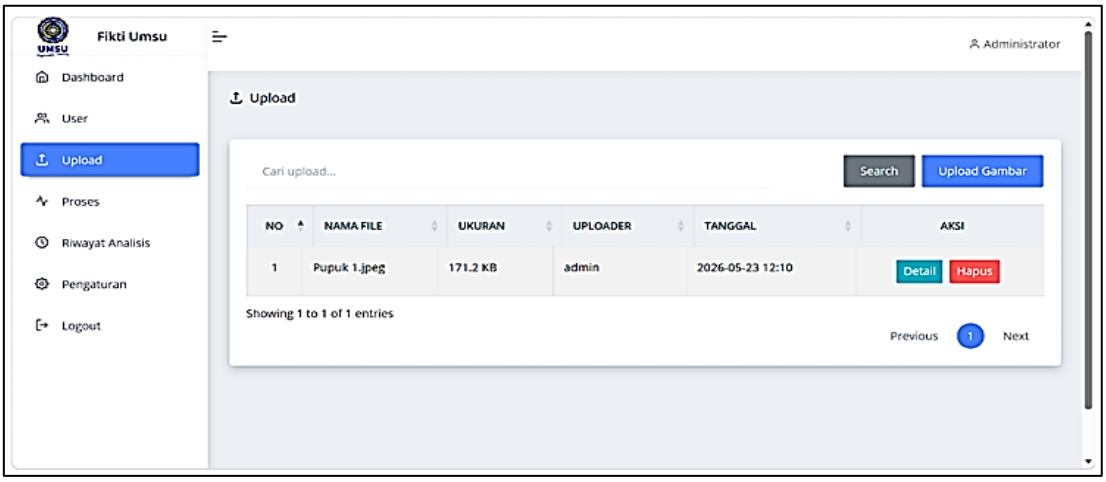
Gambar 14. Tampilan Halaman Dashboard

Halaman dashboard (Gambar 14) menampilkan ringkasan total pengguna, total unggahan, total proses, dan jumlah riwayat analisis, dilengkapi menu navigasi menuju seluruh modul aplikasi.



Gambar 15. Tampilan Halaman Pengelolaan Pengguna

Halaman pengelolaan pengguna (Gambar 15) menyediakan fitur tambah, pencarian, detail, edit, dan hapus data pengguna sehingga administrator dapat mengelola hak akses secara terstruktur.



Gambar 16. Tampilan Halaman Unggah Citra

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Halaman unggah citra (Gambar 16) digunakan untuk mengunggah citra pupuk berformat JPG atau PNG yang selanjutnya diproses pada tahap deteksi tepi.



Gambar 17. Tampilan Halaman Proses Deteksi Tepi

Halaman proses (Gambar 17) menjalankan algoritma Canny terhadap citra terpilih dan menampilkan nilai evaluasi berupa *edge pixel*, *edge density*, MSE, PSNR, SSIM, resolusi, serta waktu proses dalam bentuk tabel.

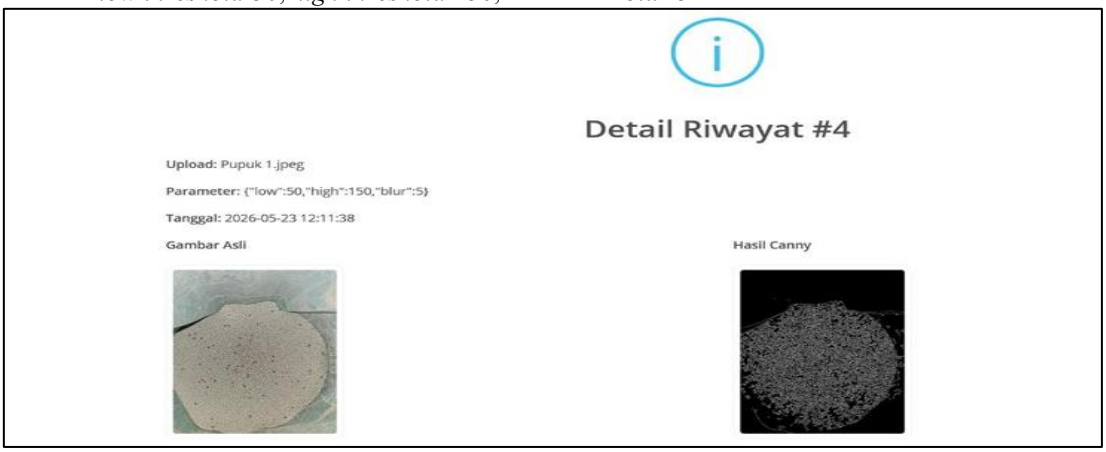


Gambar 18. Tampilan Halaman Riwayat Analisis

Halaman riwayat analisis (Gambar 18) berfungsi sebagai arsip seluruh proses deteksi tepi yang pernah dijalankan, lengkap dengan parameter dan nilai evaluasi masing-masing citra, sehingga pengguna dapat melihat kembali hasil analisis sebelumnya.

Hasil Deteksi Tepi Citra Pupuk

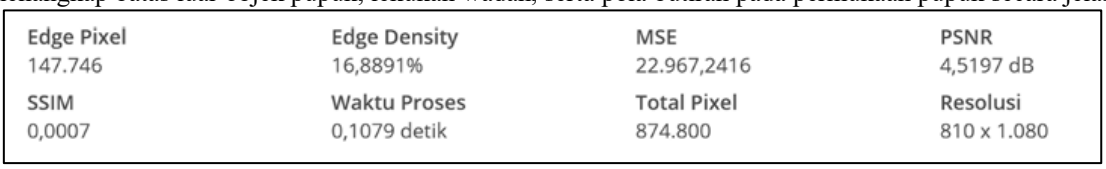
Pengujian utama dilakukan terhadap citra pupuk beresolusi 810×1.080 piksel menggunakan parameter *low threshold* 50, *high threshold* 150, dan kernel *blur* 5.



Gambar 19. Perbandingan Citra Asli dan Hasil Deteksi Tepi Canny

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Perbandingan citra asli dan hasil deteksi tepi ditampilkan pada Gambar 19. Pada citra hasil Canny, area berwarna hitam menunjukkan bagian yang tidak terdeteksi sebagai tepi, sedangkan garis atau titik putih menunjukkan bagian tepi yang berhasil dikenali. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa sistem mampu menangkap batas luar objek pupuk, lekukan wadah, serta pola butiran pada permukaan pupuk secara jelas.



Gambar 20. Tampilan Nilai Evaluasi pada Sistem

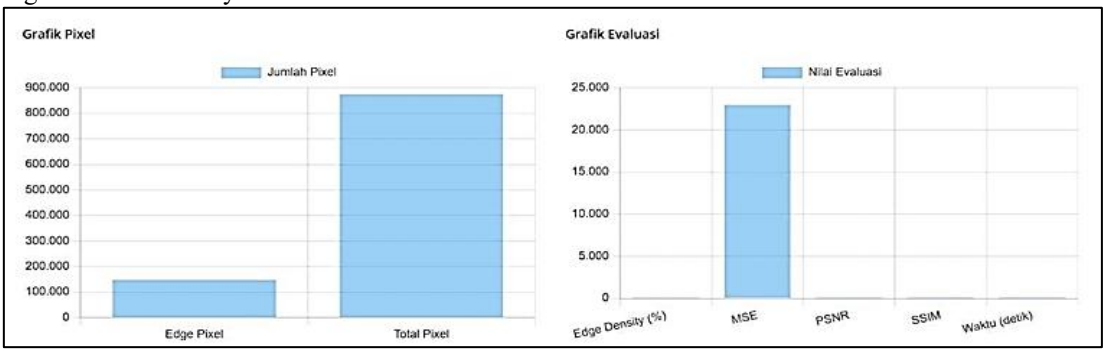
Tabel 1. Hasil Evaluasi Deteksi Tepi Algoritma Canny

Parameter	**Nilai**
Resolusi citra	810 × 1.080 piksel
Total pixel	874.800 piksel
Low threshold	50
High threshold	150
Kernel blur	5
Edge pixel	147.746 piksel
Edge density	16,8891 %
MSE (Mean Square Error)	22.967,2416
PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)	4,5197 dB
SSIM (Structural Similarity Index)	0,0007
Waktu proses	0,1079 detik

Edge pixel sebesar 147.746 menunjukkan bahwa terdapat 147.746 piksel pada citra yang dikenali sebagai tepi dari total 874.800 piksel. Nilai ini cukup besar karena objek pupuk memiliki banyak butiran kecil, sehingga sistem tidak hanya mendeteksi batas luar objek tetapi juga menangkap detail tekstur di permukaan pupuk. Edge density sebesar 16,8891% menegaskan bahwa citra pupuk memiliki tingkat detail tepi yang cukup tinggi, sebuah kondisi yang wajar karena permukaan pupuk terdiri atas banyak butiran kecil yang menghasilkan pola tepi rapat setelah diproses dengan algoritma Canny.

Nilai MSE sebesar 22.967,2416 menunjukkan tingkat perbedaan antara citra asli grayscale dengan citra hasil deteksi tepi. Nilai MSE yang tinggi ini bukan indikasi kegagalan proses, melainkan konsekuensi dari transformasi citra hasil Canny menjadi citra biner hitam-putih, sedangkan citra asli masih memiliki variasi intensitas abu-abu yang lengkap. Hal serupa ditunjukkan oleh Situmorang (2026) yang menerapkan algoritma Canny pada citra buah naga dan memperoleh nilai MSE sebesar 21.649,21 serta PSNR sebesar 5,34 dB, nilai yang sangat berdekatan dengan hasil penelitian ini (MSE 22.967,2416; PSNR 4,5197 dB). Kemiripan pola nilai pada dua objek penelitian yang berbeda, yaitu pupuk dan buah naga, memperkuat bahwa MSE tinggi dan PSNR rendah merupakan karakteristik umum algoritma Canny ketika dibandingkan langsung dengan citra asli, bukan kelemahan spesifik pada objek pupuk.

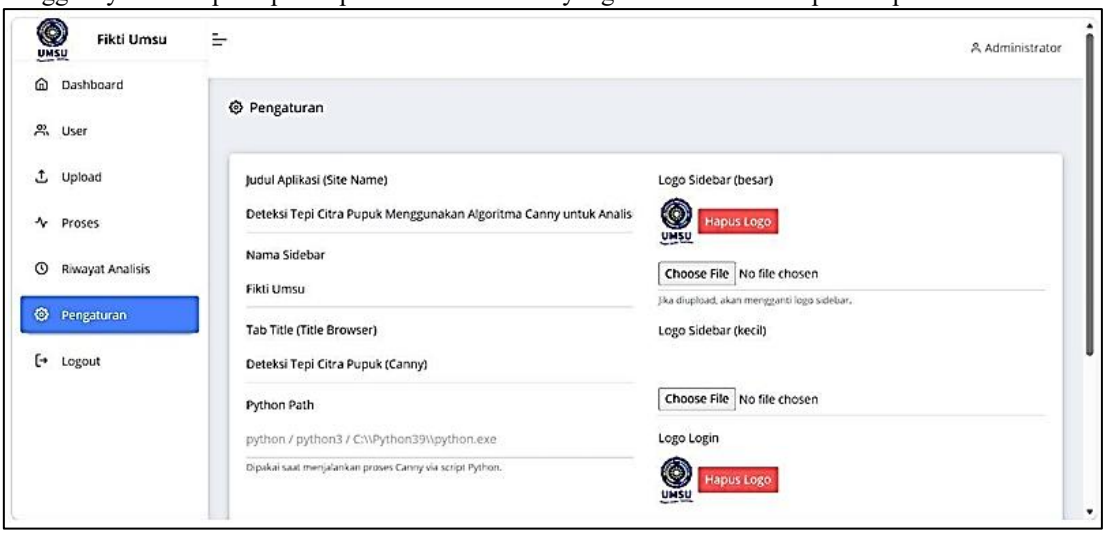
Diana dkk. (2026) mengevaluasi beberapa metode deteksi tepi berbasis gradien (Sobel, Prewitt) dan Laplacian of Gaussian menggunakan metrik F-measure, PSNR, dan MSE, dan menemukan bahwa metode dengan PSNR lebih tinggi tidak selalu menghasilkan deteksi tepi yang lebih baik secara fungsional (F-measure), karena tujuan deteksi tepi adalah mengekstraksi informasi struktural tepi objek, bukan mereproduksi citra asli. Temuan tersebut relevan dengan hasil penelitian ini, di mana nilai PSNR sebesar 4,5197 dB dan SSIM sebesar 0,0007 tergolong rendah, namun citra hasil Canny tetap berhasil menampilkan bentuk dan tekstur pupuk secara jelas pada Gambar 20, sehingga nilai PSNR dan SSIM yang rendah pada konteks deteksi tepi tidak dapat disamakan maknanya dengan kegagalan rekonstruksi citra pada tugas pengolahan citra lainnya.



Gambar 21. Grafik Evaluasi Hasil Deteksi Tepi

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Grafik evaluasi (Gambar 21) menampilkan perbandingan visual antara jumlah *edge pixel* dan *total pixel* pada citra yang diproses, serta nilai parameter evaluasi lainnya. Pada grafik tersebut, nilai MSE terlihat paling tinggi dibandingkan parameter lain karena menghitung tingkat perbedaan absolut antara citra asli dan citra biner hasil Canny, sedangkan nilai PSNR dan SSIM terlihat rendah karena hasil Canny tidak bertujuan mempertahankan kemiripan visual dengan citra asli, melainkan mengekstraksi garis tepi objek. Waktu proses sebesar 0,1079 detik menunjukkan bahwa algoritma Canny ringan untuk dijalankan dan mampu menghasilkan keluaran dalam waktu kurang dari satu detik untuk citra berukuran 810×1.080 piksel, sehingga layak diterapkan pada aplikasi berbasis web yang membutuhkan respons cepat.



Gambar 22. Tampilan Halaman Pengaturan

Halaman pengaturan (Gambar 22) memungkinkan administrator mengubah judul aplikasi, nama sidebar, logo sidebar dan logo login, serta konfigurasi path Python yang digunakan untuk menjalankan proses deteksi tepi, sehingga tampilan dan konfigurasi sistem dapat disesuaikan tanpa mengubah kode program secara langsung.

Hasil Pengujian Sistem (Black Box Testing)

Pengujian fungsional dilakukan terhadap 16 skenario menggunakan metode *black box testing* untuk memastikan setiap fitur aplikasi berjalan sesuai rancangan. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Black Box

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Kesimpulan
1	Login	Memasukkan username dan password yang benar	Berhasil
2	Login	Memasukkan username/password yang salah	Berhasil
3	Dashboard	Membuka halaman dashboard	Berhasil
4	Menu User	Menambahkan data pengguna baru	Berhasil
5	Menu User	Mengedit data pengguna	Berhasil
6	Menu User	Menghapus data pengguna	Berhasil
7	Menu Upload	Mengunggah citra format JPG/PNG	Berhasil
8	Menu Upload	Melihat detail citra yang diunggah	Berhasil
9	Menu Proses	Memilih citra dan menjalankan proses Canny	Berhasil
10	Menu Proses	Menghitung nilai evaluasi hasil Canny	Berhasil
11	Detail Proses	Membuka detail hasil proses	Berhasil
12	Riwayat Analisis	Membuka halaman riwayat analisis	Berhasil
13	Detail Riwayat	Membuka detail riwayat analisis	Berhasil
14	Pengaturan	Mengubah judul aplikasi dan nama sidebar	Berhasil
15	Pengaturan	Mengganti logo aplikasi	Berhasil
16	Logout	Menekan tombol logout	Berhasil

Seluruh 16 skenario pengujian dinyatakan **berhasil**, yang menunjukkan bahwa fitur autentikasi, manajemen pengguna, unggah citra, proses deteksi tepi, riwayat analisis, dan pengaturan aplikasi telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Pembahasan

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Canny berhasil diterapkan untuk mendeteksi tepi citra pupuk dan memperjelas bentuk serta tekstur permukaan produk, sejalan dengan temuan Wicaksono dkk. (2024) dan Veronika dkk. (2024) yang juga melaporkan keunggulan Canny dalam menghasilkan garis tepi yang jelas pada berbagai kondisi citra. Edge density yang tinggi pada citra pupuk (16,8891%) mengindikasikan bahwa algoritma Canny mampu menangkap detail tekstur butiran yang kompleks, sebuah karakteristik yang relevan untuk kebutuhan analisis kualitas visual produk pupuk berbasis industri (Wati dkk., 2025).

Dibandingkan dengan pendekatan *enhanced Canny* yang diusulkan Tao (2023) untuk penilaian kualitas cetak, penelitian ini masih menggunakan parameter *threshold* tetap (*fixed threshold*) yang ditentukan secara empiris, sehingga berpotensi dikembangkan lebih lanjut menggunakan mekanisme ambang adaptif agar performa deteksi lebih stabil pada variasi pencahayaan dan jenis pupuk yang berbeda. Di sisi lain, integrasi algoritma Canny ke dalam aplikasi berbasis website, sebagaimana dilakukan pula oleh Fauzi dan Tanjung (2026) pada konteks deteksi manipulasi citra, terbukti memudahkan pengguna melakukan analisis citra tanpa memerlukan keahlian pemrograman, karena seluruh proses preprocessing, deteksi tepi, dan perhitungan evaluasi dijalankan secara otomatis oleh sistem.

Keberhasilan seluruh skenario *black box testing* menunjukkan bahwa aplikasi yang dibangun tidak hanya mampu menjalankan algoritma Canny dengan baik secara komputasi, tetapi juga layak digunakan secara fungsional oleh pengguna akhir. Dengan waktu proses kurang dari satu detik, sistem ini berpotensi diterapkan untuk kebutuhan pemeriksaan kualitas visual pupuk secara rutin dan berskala, sebagai alternatif yang lebih objektif, cepat, dan konsisten dibandingkan pengamatan visual manual.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem deteksi tepi citra pupuk menggunakan algoritma Canny, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Pertama, algoritma Canny berhasil diterapkan pada citra pupuk beresolusi 810×1.080 piksel (874.800 piksel total) dan mendeteksi 147.746 edge pixel, yang menunjukkan kemampuan algoritma dalam memperjelas bentuk dan struktur tepi permukaan pupuk secara objektif. Kedua, edge density sebesar 16,8891% menunjukkan bahwa citra pupuk memiliki pola tekstur yang cukup padat, terutama pada bagian butiran pupuk yang menghasilkan banyak garis dan titik tepi setelah diproses menggunakan algoritma Canny. Ketiga, nilai MSE sebesar 22.967,2416, PSNR sebesar 4,5197 dB, dan SSIM sebesar 0,0007 mencerminkan transformasi citra menjadi citra biner tepi dan bukan merupakan indikasi kegagalan sistem, sebagaimana juga ditunjukkan oleh penelitian sejenis pada objek citra lain (Situmorang, 2026). Keempat, waktu proses sebesar 0,1079 detik serta keberhasilan seluruh 16 skenario pengujian black box menunjukkan bahwa aplikasi berbasis website yang dibangun layak digunakan sebagai alat bantu analisis bentuk dan tekstur pupuk secara objektif, terukur, dan efisien dibandingkan pengamatan visual manual.

Berdasarkan hasil tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah dan variasi data citra pupuk agar hasil analisis lebih representatif, membandingkan algoritma Canny dengan metode deteksi tepi lain seperti Sobel, Prewitt, atau Laplacian of Gaussian, serta menambahkan citra ground truth agar evaluasi sistem dapat mencakup metrik akurasi, precision, recall, dan F1-score secara lebih lengkap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas dukungan fasilitas dan bimbingan akademik selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Diana, D., Novanni, W. D., Sukma, L., Nufus, R., & Ramadhan, M. S. (2025). Perbandingan hasil deteksi tepi antara citra berwarna dan grayscale dengan operator Sobel. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 9*(4), 7264–7269. https://doi.org/10.36040/jati.v9i4.14420

Diana, D., Anisa, O., Hidayat, M. A., Habibie, M. F. A., & Zamzami, R. (2026). Perbandingan performa deteksi tepi berbasis gradient (Sobel, Prewitt) dan Laplacian of Gaussian (LoG) pada citra tercemar noise impulsif dengan evaluasi metrik F-measure. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 10*(4), 6775–6781. https://doi.org/10.36040/jati.v10i4.18803

Fauzi, M. D., & Tanjung, M. A. P. (2026). Deteksi manipulasi citra bukti struk pembayaran uang kuliah menggunakan metode Error Level Analysis dan histogram color shift berbasis web. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Scientific Studies (IJOMSS), 4*(6), 431–439. https://doi.org/10.33151/ijomss.v4i6.1130

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Situmorang, J. N. (2026). *Segmentasi citra buah naga menggunakan metode deteksi tepi Canny dan thresholding Otsu* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung]. Digital Library UIN Sunan Gunung Djati Bandung. https://digilib.uinsgd.ac.id/id/eprint/128367

Tao, N. (2023). Enhanced Canny algorithm for image edge detection in print quality assessment. *Traitement du Signal, 40*(3), 1281–1287. https://doi.org/10.18280/ts.400347

Veronika, N. D. M., Adelia, S., Reswan, Y., & Imanullah, M. (2024). Comparison of Canny algorithm and Robert algorithm on edge detection of Bengkulu typical batik fabric. *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics), 7*(2), 393–398. https://doi.org/10.36085/jsai.v7i2.6577

Wati, N. R. R., Abdullah, A., & Sucipto, S. (2025). Klasifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit menggunakan metode Convolutional Neural Network. *Jurnal Publikasi Teknik Informatika, 4*(3), 273–285. https://doi.org/10.55606/jupti.v4i3.5841

Wicaksono, D., Almeyda, D. P., Putra, I. M. M., & Malihatuningrum, L. (2024). Analisis perbandingan metode pra pemrosesan citra untuk deteksi tepi Canny pada citra berbagai kondisi jalan menggunakan bahasa pemrograman Python. *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP), 7*(1), 17–31. https://doi.org/10.34012/jutikomp.v7i1.3872

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)